

出國報告（出國類別：實習）

## LIDAR 在氣象調查之運用實習

服務機關：台灣電力公司電源開發處

姓名職稱：許天成 10 等土木工程監

派赴國家：法國

出國期間：105.12.07~105.12.16

報告日期：106.01.16

## 摘 要

風力發電年發電量，風況（風向/風速）優劣影響最大。由於風力發電量與風速的 3 次方成正比，因此要有更效率的提高風力能源，找出風較強的地點是極重要的。

風力發電要達到營業規模除建議年平均風速為 5~6m/s 以上，另需考量設置地點之風速等級出現頻率分佈及風向別出現頻率分佈，預估風力發電設備之年發電量即由固定間隔風速，及在一年內出現的時間數，將這些各個風速換算成風機的動力，即可求出各風速範圍的發電量，再將這些發電量累積計算，即可求出該風機年發電量。故風力發電設置評估，進行風力觀測及調查以事先掌握架設地點的風況是極重要的。

LEOSPHERE 公司 LiDAR 測風設備（WINDCUBE 測風雷達）採用雷射脈衝都卜勒頻移原理(Doppler shift)，可獲得風速、風向、大氣壓力、溫度、溼度、紊流、風切變等氣象資料。該 WINDCUBE V2 Offshore 8.66 設備尺寸為 1114(mm) x 1117(mm) x 558(mm)，重量為 55kg，便於攜帶，具有與工業級風杯式風速計相同之測量精確度，測量垂直範圍達 200 公尺，並可定義 12 個測量高度，不同高度可於同一秒內同步測量等特點。

另該設備可適應複雜地形下之測量，所觀測取得之數據搭配 WindSim 公司提供 CFD 風能評估軟體，可推測複雜地形風資源的分佈狀況，得到風場各機位點全面且詳細的風資源特性值，如最大風速、年平均風速、風速頻率參數、空氣密度、環境湍流強度和受尾流影響的有效湍流強度、入流角、風切變指數等，供評估設置時參考。

應用於海上風場之前期評估方面，則可與測風塔配合使用，互為驗證，以提高測量數據之準確性。

LEOSPHERE 公司 LiDAR 測風設備另有 3D Scanning WINDCUBE 及 WIND IRIS 產品，特別針對於離岸風力資源之評估與後續風機功率因數之驗

證，該公司表示其產品使用特性均能有效調降評估時程及成本。

最後，就傳統固定測風塔之測風型式與近年發展之 LiDAR 遙測設備比較，以目前風速量測方式而言，利用雷射脈衝遙測設備不論是時程上、評估作業成本上、機動性上或應用發展上，具有發展風力發電評估及驗證作業等多項優勢。

## 目 次

壹、 實習計畫目的.....	6
貳、 實習過程.....	8
一、 行程簡介.....	8
二、 實習內容.....	11
(一) 雷射光達測量原理(LiDAR, Light Detection And Ranging) .....	11
(二) WINDCUBE 設備 .....	13
(三) 3D Scanning WINDCUBE 設備 .....	19
(四) WIND IRIS 設備 .....	23
參、 心得及建議.....	26

## 圖

圖 1 巴黎市中心公司位址.....	8
圖 2 巴黎市郊奧賽工廠位址.....	8
圖 3 巴黎市郊奧賽工廠照片.....	8
圖 4 Erwan 經理進行簡報.....	10
圖 5 設備出廠前測試區.....	10
圖 7 部門經理解說生產流程及品質管控.....	10
圖 7 Customer service 部門經理說明產品應用案例.....	11
圖 8 LiDAR 量測原理.....	12
圖 9 徑向風速與水平風速之圖解說明.....	12
圖 10 激光脈衝雷射位置分布與示意圖.....	12
圖 11 利用反射波得出發射路徑之徑向量再換算為水平及垂直數值.....	12
圖 12 WINDCUBE V2 設備圖(陸域型).....	13
圖 13 WINDCUBE Offshore866 V1(離岸型).....	13
圖 14 內部機構示意圖.....	14
圖 15 應用方式示意圖.....	14
圖 16 周邊環境影響案例示意圖.....	15
圖 17 水平設定示意圖.....	15
圖 18 方位設定示意圖.....	15
圖 19 windweb 人機介面主畫面.....	16
圖 20 windweb 人機介面子畫面.....	16
圖 21 RTD 檔案及數據封包結構.....	17
圖 22 STA 檔案及數據封包結構.....	17
圖 23 風向圖.....	18
圖 24 水平設定示意圖.....	18
圖 25 3D Scanning WINDCUBE 掃描示意圖.....	19
圖 26 3D Scanning WINDCUBE 外觀介紹圖.....	19
圖 27 機構功能方塊示意圖.....	19
圖 28 PPI 掃描運作方式示意圖.....	20
圖 29 RHI 掃描運作方式示意圖.....	21
圖 30 DBS 掃描運作方式示意圖.....	22
圖 31 風速資訊介面圖.....	23
圖 32 及時風速資訊介面圖.....	23
圖 33 歷史資料截取介面圖 1.....	23
圖 34 歷史資料截取介面圖 2.....	23
圖 35 現有風機風速(向)計裝置圖.....	24
圖 36 WIND IRIS 外型圖.....	24

圖 37 WIND IRIS 應用方式示意圖 .....	24
圖 38 WIND IRIS 用於 IEC 風機效能測試示意圖.....	25
圖 39 WIND IRIS 多部風機調教應用示意圖 .....	25

## 壹、實習計畫目的

政府公布再生能源裝置容量至 119 年目標為 1,725 萬瓩、年發電量目標為 400 億度，基此，本公司積極規劃在未來 15 年內投入 4,000 億元以上，期能在 119 年達到離岸風力 180 萬瓩、太陽光電 100 萬瓩、陸上風力及地熱共 70 萬瓩之目標。

本公司自 89 年開始在澎湖中屯興建風力機組，風力計畫截至 104 年底，本公司包含離島及四期風力計畫，已完成 169 部機，總容量達 29.4 萬瓩，目前進行之計畫有澎湖低碳島計畫及離岸風力發電第一期計畫。

執行風力發電計畫，評估風場之風力發電年發電量，其中風況（風向/風速）優劣影響最大，風能（wind power） $P(W)$ 方程式如下：

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

計算式中  $\rho$  為空氣密度 ( $\text{kg/m}^3$ )、 $A$  為風機受風面積 ( $\text{m}^2$ )、 $V$  為風速 ( $\text{m/s}$ )，由於風力發電量與風速的 3 次方成正比，因此要更有效率的提高風力能源，找出風較強的地點是極重要的。因此在進行實際的風力開發時必需辦理風力觀測、風況的調查，且此調查的資料至少約需歷時一年，之後，以這些觀測的數據為基準，預測風機設置地點的風況與年發電量，據以評估風力發電營運的可行性。

目前台灣陸域風機均位於西海岸較平坦的風場場址，惟平坦地形的風場場址已日趨飽和，未來風機勢必往丘陵地或海岸風場發展，鑒於各地點的風況條件均不同，故利用具機動性之測風設備(LiDAR)進行詳細的風場量測及微觀選址，將可免除測風鐵塔設置期程長之缺點，縮短觀測資料蒐集時間。

鑒於本公司 105 年度研究計畫編號 4312「風力發電廠址海氣象調查」已完

成採購氣象光達(LiDAR)一套，為進一步了解詳細的運用與觀測資料特性分析，進行本次出國實習，資作為未來執行 106~108 年度研究計畫之準備，如風場風能評估及驗證子計畫，及東北角海岸複雜地形風場之風能參數量測及風能評估子計畫。故本次依 105 年度出國計畫第 13 號，執行「LiDAR 在氣象調查之運用」實習計畫。

## 貳、實習過程

### 一、行程簡介

本次出國於 105 年 12 月 7 日至 105 年 12 月 16 日期間參訪位於法國巴黎 LEOSPHERE 公司。

職於 12 月 8 日抵達法國巴黎，並於期間參訪 LEOSPHERE 位於巴黎市中心的公司與位於奧賽(巴黎市近郊)的工廠，如下圖  註記位址：

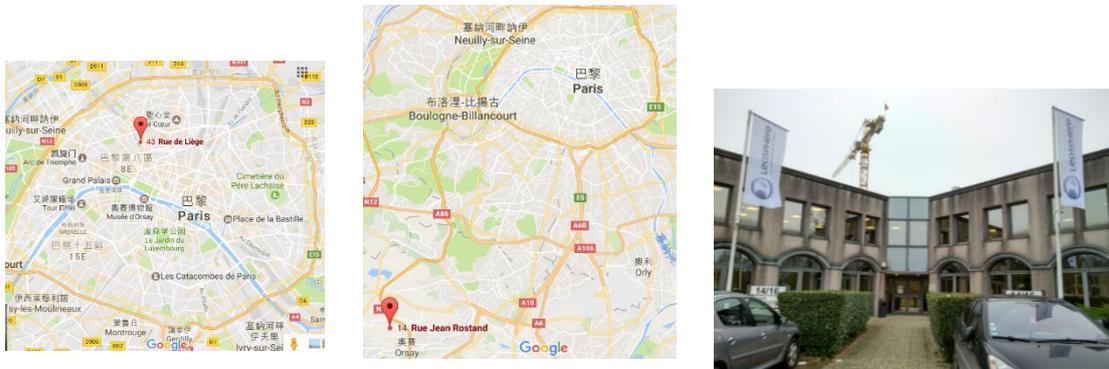
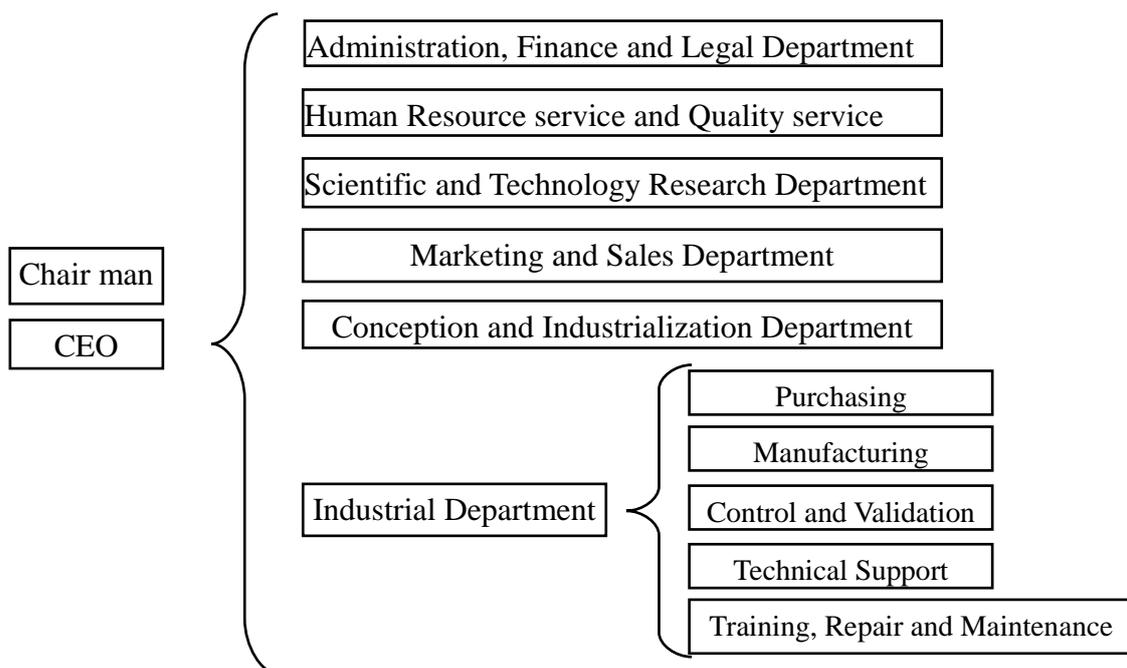


圖 1 巴黎市中心公司位址

圖 2 巴黎市郊奧賽工廠位址

圖 3 巴黎市郊奧賽工廠照片

LEOSPHERE 公司組織簡圖：



LEOSPHERE 公司，成立於93年(西元2004年)，主要生產氣象調查儀器設備，至97年(西元2008年)時針對風力發電之風能調查，開發並生產以 LiDAR 原理測量風速及風向設備，正式投入風力發電產業，發展至今已形成了100多人的研發團隊，其中包括光電、大氣物理學、演算法、軟體等領域的研發力量，主要產品為地面型 LiDAR 測量風能設備。98年(西元2009年)與 Renewable NRG Systems 集團(風能測量科技)聯合投資設立 Avent 公司(LiDAR Technology)，引入更豐富之風電行業相關經驗與專業知識。

目前該公司 LiDAR 設備產品應用領域包括風力發電、氣象、航空氣象及工業氣體排放之空氣品質等，95%產品外銷，至今已有800多台 Lidar 相關測量儀器銷售至全球50多國，104年(西元2015年)度營業額約為1,700萬歐元。

其中本公司目前使用 WINDCUBE 測風雷達(WINDCUBE Offshore866 V1) 即為該公司專業雷射測風雷達，採用雷射脈衝多普勒頻移原理，可獲得風速、風向、大氣壓力、溫度、溼度、紊流、風切變等氣象資料，且該系列產品(WINDCUBE)又區分為陸域地面使用型、海域(off shore)平台放置型與裝置於海上浮動型式(如船上、獨立浮艇等)。

實習行程與項目簡介：

◆ 行程一：人員溝通交流

LEOSPHERE 公司由 Marketing and Sales 部門 David Pepy 處長、Marketing and Sales 部門經理、Customer service 部門經理等出席，與職進行公司業務資訊之交流。席間，應該公司要求，職以本公司對外網頁內容，向該公司簡報本公司規模及主要業務範疇，而 LEOSPHERE 公司簡介則由 Marketing and Sales 部門經理簡報 LEOSPHERE 公司規模及主要業務範疇。



圖 4 Erwan Le Meur 經理進行簡報

◆ 行程二：風力發電發展交流討論

LEOSPHERE 公司由 Marketing and Sales 部門經理與 Customer service 部門經理說明該公司受委託經辦之全球陸域(離岸)風力資源評估發展現況。

◆ 行程三：LEOSPHERE 公司設備製造與品質管控參觀

LEOSPHERE 公司由 Manufacturing 部門經理帶領實地參觀設備製造流程，並講解品質管控方式。(註：基於商業機密，製造細節不允許拍照。)



圖 5 設備出廠前測試區



圖 6 部門經理解說生產流程及品質管控

◆ 行程四：風能量測設備研討

LEOSPHERE 公司由 Customer service 部門經理針對 LiDAR 測風基本原理與 WINDCUBE、3D Scanning WINDCUBE 及 WIND IRIS 設備之設計原理、機構介紹、安裝方式、軟體應用及資料截取等，進行詳盡解說。

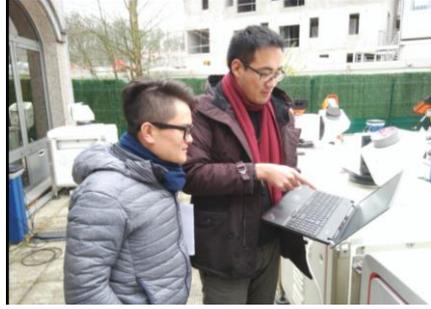


圖 7 Customer service 部門經理說明產品應用案例

◆ 行程五：風能量測設備應用研討

LEOSPHERE 公司由 Marketing and Sales 部門經理與 Customer service 部門經理說明該公司受委託經辦之全球陸域(離岸)風力資源評估案例，其設備產品應用量測方案，另就台灣能源局公告之離岸風場交流討論，假想相關風能資源評估方式。

## 二、實習內容

### (一) 雷射光達測量原理(LiDAR, Light Detection And Ranging)

雷射光達是採用雷射光發射出連續的激光脈衝進行風向及風速之遠距離量測，由於大氣中具有氣膠 (aerosols, 大氣中的固體微粒和液體微粒)，而其飄移移動方向及速度即為風的方向及速度，所以激光脈衝在撞擊移動中之氣膠後，回饋之反射波頻移將與氣膠移動速度成比例(都卜勒效應)。

測量設備可藉由光學組件檢測到反射波之都卜勒效應頻移，再利用外差檢驗法(將光頻率降至射頻)取得多普勒頻移，其中都卜勒效應頻移 1.3MHz 等於 1m/s 徑向風速換算。

另設備可同時測量多個高度的數據，其中測量高度與激光脈衝來回時間是線性關係，例如 WINDCUBE V2 Offshore 8.66 設備單一高度測量數據之計算，則固定以垂直上下 10 公尺內之空間取得平均值作為量測結果。

雷達測量過程依序為激光脈衝發射→反射脈衝接收→脈衝頻譜測定 (快速

傅立葉轉換) → 頻譜平均計算 → 都卜勒效應頻移計算 → 風速、風向、信噪比 (CNR)... → 數據顯示和紀錄。

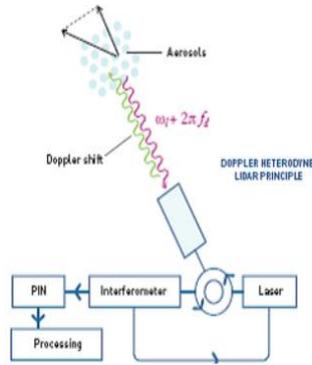


圖 8 LiDAR 量測原理

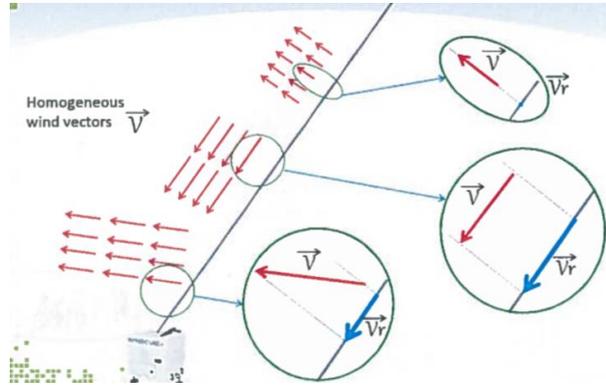


圖 9 徑向風速與水平風速之圖解說明

舉 LEOSPHERE 公司 WINDCUBE V2 測量設備為例(如下圖)，光達雷射脈衝(發射單批為 2 萬次 30kHz 脈衝數量)依固定周期時序旋轉發射以擷取反射資料，即北向垂直傾角 28 度取樣 1 次(約 1 秒)→東向垂直傾角 28 度取樣 1 次(約 1 秒)→南向垂直傾角 28 度取樣 1 次(約 1 秒)→西向垂直傾角 28 度取樣 1 次(約 1 秒)→中心垂直取樣 1 次(約 1 秒)等周而復始掃描，再利用各取樣反射脈衝及都卜勒效應換算獲得各取樣射線之徑向風速，再就週期所獲取之各徑向風速和合成計算出，設備所在正上方垂直方向之風速(水平及垂直)及風向。



圖 10 激光脈衝雷射位置分布與示意圖

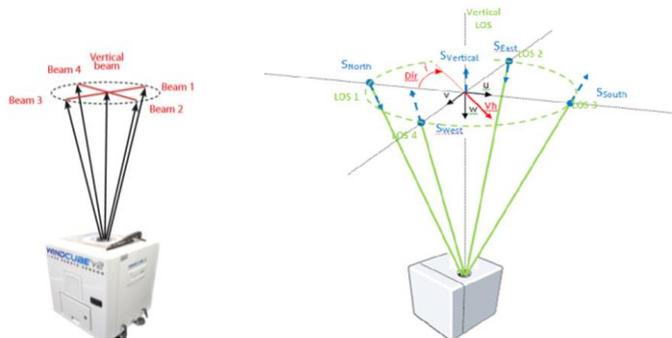


圖 11 利用反射波得出發射路徑之徑向量再換算為水平及垂直數值

完成設定後設備開始測量時，所在正上方垂直方向風速(水平及垂直)及風

向之第一筆數據取得需時約 5 秒，之後第二筆、第三筆.....數據取得則以每秒產出，即 5 筆徑向風速之取樣中，其中 4 筆則抓取前 4 筆做比較計算即可。

其中四個方向傾角訂為 28 度為考量徑向分量取樣之可行性，即若傾角太大，則所欲測量風速之高程越高，將造成四個方向取樣點越遠，那麼比較分析 5 筆徑向風速數據後所得之風速(水平及垂直)及風向則會影響準確度;而若傾角太小，將造成以徑向風速分量之垂直風速值太小，難以分析。

另為確保所取得擷取徑向風速之精確，徑向速度之取樣採所需量測高程之徑向上下各 10 公尺(合計 20 公尺)皆納入計算，最後所輸出之徑向速度值為該範圍之平均值，藉以提高數據精確度，同時也提供使用者該取樣範圍中之最大(小)值數據及最大差值數據，讓使用者有所依據確認資料可信度。

因本次出國主要為測風設備操作及應用之訓練實習，故以下就職至 LEOSPHERE 公司實習之系列產品與研討內容作一簡介。

## (二) WINDCUBE 設備

該設備分有陸域使用與離岸使用型式，外型如下：

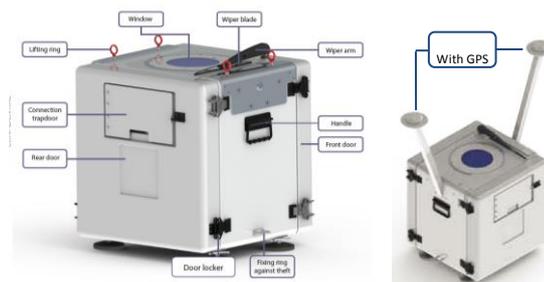


圖 12 WINDCUBE V2 設備圖(陸域型) 圖 13 WINDCUBE V2 Offshore866 V1(離岸型)

補充說明，其中離岸使用型為 LEOSPHERE 公司就既有 WINDCUBE 原型機修改，提出符合海上作業 IP 防護等級之 Offshore866 V1，並加裝定位系統使具備 2 具 GPS，可自動修正設備本體持續轉向之數值，另增加陀螺儀裝置，克服設備上下傾斜造成各方向量測風速高程不一的問題，故得以裝設於小型浮艇

上，無懼海浪上下左右之搖晃，皆能修正為所需垂直高程之風速，可免除海上觀測平台之建置，即可進行風場風能之評估作業。

供電可採直流電源（18-32V DC）或交流電源（100/230V AC 50-60Hz），最大功率消耗為 120W。而雷射激光設備由激光發射系統透過光纖送至單一激光頭，再利用光學稜鏡於 1 秒內循序向中間及東南西北等 5 個向面發射，其中東南西北向為固定傾角 28 度（28 度傾角內空間不得有障礙物），該 4 個向度所取得風的向量結構，即可換算求得風向；而中間射向的目的是直接測量風速的垂直分量，用來提高風速測量之準確度。

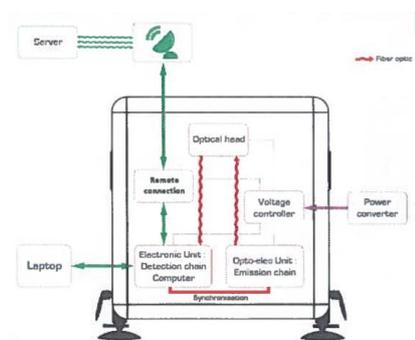


圖 14 內部機構示意圖

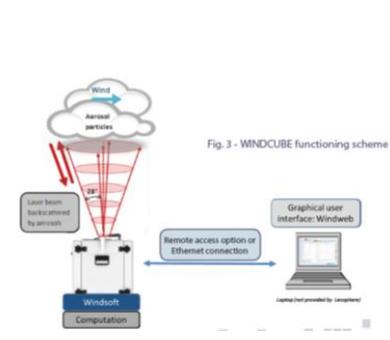


圖 15 應用方式示意圖

因為 LiDAR 設備測量為發射激光脈衝雷達至高空以測量徑向風速，故若周邊有障礙物阻擋射線單一發射方向，則將無法推算出水平風速與垂直風速。另設備放置於傾斜地面時亦將影響推算風速值之準確率，將造成 5 個方位所測得之徑向風速為不同高程之數值，所推算出之水平(垂直)風速與風向將非所期望求得之數值。

設定水平時，可透過設備上方鄰近激光脈衝雷達發射視窗處之水平氣泡和內部電子羅盤檢視水平，調整時以設備 4 個支腳旋鈕高低完成水平校正。另設備定義水平氣泡處為自定義之北向，故安裝人員應另以羅盤確認北向位置，然後將設備水平氣泡對正北向。(註:WINDCUBE Offshore866 V1 因已具備 2 具 GPS 定位儀器，故無需校正調整方向，且其內亦安裝高精度之陀螺儀，故亦無須校

正水平。)

假如現場量測周邊障礙物或其他原因，造成設備確無法筆直對正北向，可在確認偏移角度後，於 windweb 人機介面 configuration 參數設定中(direction offset)，訂定修正角度，則後續量測結果則仍可顯現出正北向等修正數據。

接上電源，即以廠家所附之 adapter 一端接 220V ac，另一端輸出為 24V dc 銜接設備主電源孔，另設備之接地接頭須確實接地。再按下主開關後，其側之藍色 LED 燈亮即代表設備已就緒。



圖 16 周邊環境影響案例示意圖 圖 17 水平設定示意圖

圖 18 方位設定示意圖

設備本身即備有 windweb 人機介面程式，提供使用者進行測量前參數設定與測量後數值資料擷取規劃。在現場，使用者利用 RJ45 連接線聯結使用者筆記型電腦與設備，直接於筆電瀏覽器鍵入 <http://192.168.0.1/windweb> 即可進入設備之 windweb 人機介面程式。

首先於畫面右側提供資訊以確認設備水平是否正確。另畫面上方有 3 筆主要功能按鍵，分別為 configuration(即量測條件設定)、CNR(信噪比，即激光脈衝反射波品質)與 status(即設備狀態資訊)。

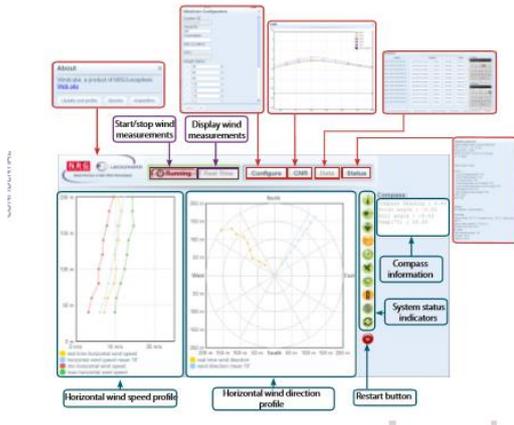


圖 19 windweb 人機介面主畫面

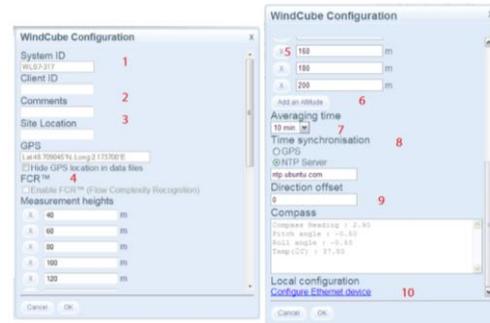


圖 20 windweb 人機介面子畫面

- 進入 configuration 內，可看見左列第 1 個資訊為 System ID，此為設備出廠已設定之身分證。
- 設定 Measurement heights，即定義所欲量測風速之垂直高程，最多可定義 12 個不同高程。
- 輸出數據取樣方式，除 RTD 數據外(即每秒取樣)，另提供使用者自定義 STA，即時間範圍內(2 分鐘、5 分鐘、10 分鐘)平均風速資料。
- 設定完成後回到主畫面，點擊上排功能列之 Running，即開始進行量測作業，此時主畫面上水平風速曲線圖與水平風向圖即開始產生數據結果，並以不同顏色線表示。
- 水平風速曲線圖部分，黃線表示每秒即時風速，藍線表示 10 分鐘平均風速，紅線表示前一 10 分鐘內最小風速值，綠線表示前一 10 分鐘內最大風速值。
- 水平風向圖部分，黃線表示每秒更新之即時風向，藍線表示 10 分鐘平均風向值。
- 另主畫面右側為設備狀態監視指示燈號，綠燈表示正常，黃燈則為警示，紅燈表示故障。

設備量測數據供使用者利用分作 2 部分，為 RTD(real time data,每秒即時數據)與 STA(每 10 分鐘平均值數據)，若是持續測量作業不間斷，則系統將每日(24 小時)數據封包為單一資料檔，並壓縮為一筆 7-zip 檔案格式，儲存於設備固態硬碟中，解壓縮檔案則可以 Microsoft Excel 呈現供閱讀，其中 RTD 部分為檔名加註 rtd，STA 部分為檔名加註 sta，但若測量作業有臨時中斷，如臨時開關機等，則將即時封包為單一檔案。

測量資料內容則包含所設定之第一高度觀測所得數據、第二高度觀測所得數據、第三高度觀測所得數據.....等，其中觀測數據則有水平風速 (m/s)、水平風速標準差 (wind speed dispersion, m/s)、最小水平風速 (m/s)、最大水平風速(m/s)、風向(角度)、垂直風速(m/s)、垂直風速標準差(Z-wind speed dispersion, m/s)、多普勒載波信號之噪音信號比 (CNR, dB)、最小信噪比、多普勒載波頻寬 (m/s)、數據可用率 (DATA Availability, %) 等。

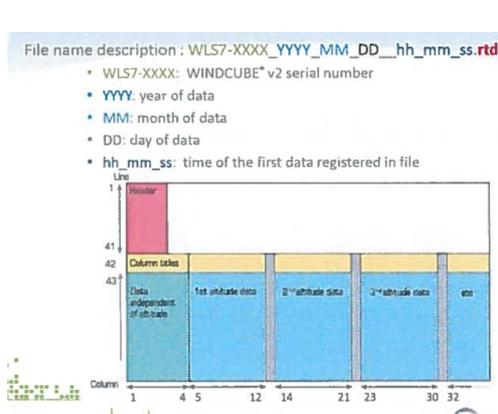


圖 21 RTD 檔案及數據封包結構

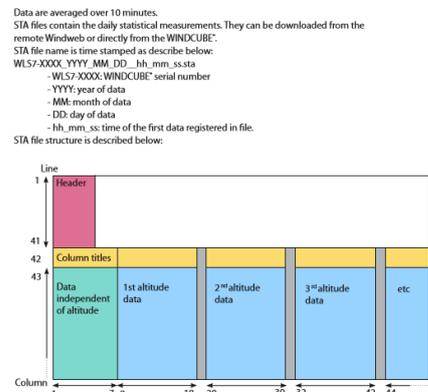


圖 22 STA 檔案及數據封包結構

- windweb 主畫面上方功能列之 DATA 鍵，可查詢各封包檔案的歷史資料，並選擇下載。
- 另提供圖形曲線圖面供使用者依所需資料型態查詢，即於畫面上，使用者可以選擇所需呈現之圖形數據類別有哪些。



圖 23 風向圖



圖 24 水平設定示意圖

- windweb 主畫面上方功能列之 DATA 鍵，可查詢各封包檔案的歷史資料，並選擇下載。
- 另提供圖形曲線圖面供使用者依所需資料型態查詢，即於畫面上，使用者可以選擇所需呈現之圖形數據類別有哪些。
- 設備已內建 FTP 通訊協定，即設備本身即為網路伺服器，提供使用端下載資料數據。
- 本地下載：將筆記型電腦利用乙太網路線直接連接至設備之 Laptop 端，直接進行本地下載。
- 遠端傳送：設備本身具備 3G 或衛星連接埠，可依使用者申請之網絡功能，將數據資料連結上網，設定自動傳送至遠端伺服器儲存(該公司免費提供位於歐洲之伺服器中心儲存資料)，使用者可由遠端透過網際網路連結至 WindWeb 介面網址，於需要時進行遠端下載。
- 另可設定 e-mail 信箱，由設備每日傳送 STA 檔。

因此，WINDCUBE 不僅可避免固定式測風鐵塔有興建時程長、鐵塔設置高度有限等不利因素，應用於陸域風能評估方面，以移動性佳、垂直量測範圍達 200 公尺之特性，有利於風力發電設置之前期預估作業。



測位置並非單一方位而是整片平面區域時之最佳使用方式。

操作前，使用者先確認量測目標位址之所需高程，並依據 3D Scanning WINDCUBE 位址與測量目標高程之三角幾何關係得出所需固定垂直仰角度數以設定之(仰角可設定範圍為 $-10^{\circ}\sim 190^{\circ}$ )，然後使用者依所需掃瞄範圍設定水平方位角動態運轉範圍( $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 皆可定義)。

另由於量測點之準確度是與掃描頭動態轉動速度設定(一般設定為  $1^{\circ}/s$ ，最大可設為  $20^{\circ}/s$ )及量測目標水平距離有關，其中涉及轉動時激光脈衝雷射持續發射之脈衝頻率與數量，同時也與利用 2 徑向風速取樣換算水平(垂直)風速等之計算限制(即取樣時間可自行定義範圍為 0.5 秒~10 秒)，因而初始之相關參數設定將造成量測結果準確度的改變，故 3D Scanning WINDCUBE 須配合不同之風場條件設定不同的參數設定方案，以符合使用者真正需求。

再者，就一整個平面之風場測量條件下，為求風能評估準確性，所需量測風速位址將不只 1 點，為此 3D Scanning WINDCUBE 提供使用者可自定義規劃最大 319 個徑向遠程測量點供取樣風速及風向數據，此徑向遠程規劃依設備使用說明書專業用語為 number of programmable gates。

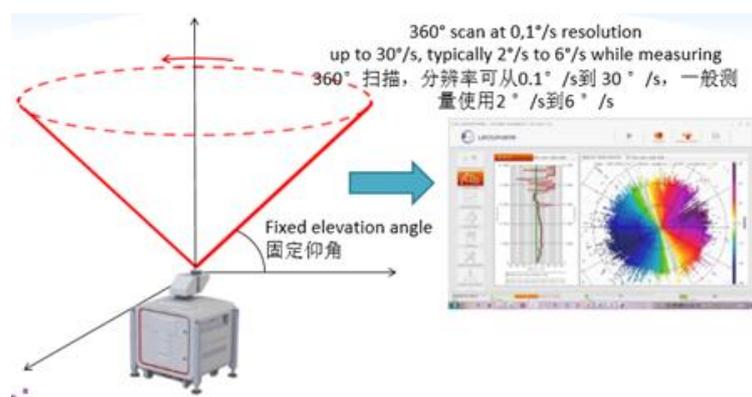


圖 28 PPI 掃描運作方式示意圖

- RHI 掃描

RHI 掃描運作方式是與 PPI 掃描恰為相反平面之掃描測量，即 PPI 掃描為

固定仰角、水平角轉動掃描成為扇型水平面，而 RHI 掃描則為固定水平角、仰角轉動成為扇形垂直面。

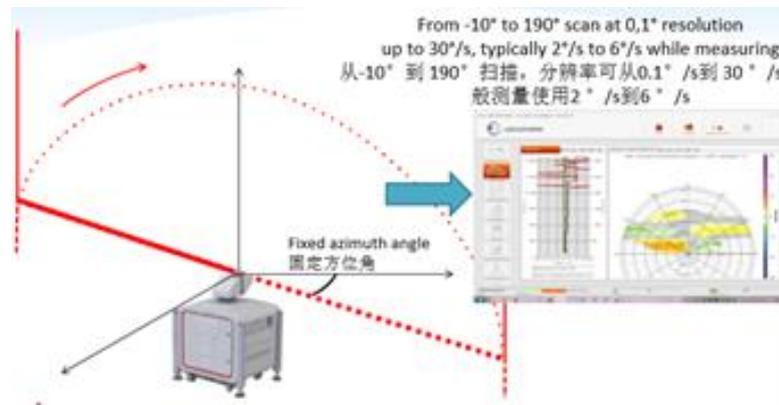


圖 29 RHI 掃描運作方式示意圖

- DBS 掃描

DBS 掃描運作方式則等同於上個章節 WINDCUBE 設備運作方式，僅發射垂直方向激光脈衝雷射波，惟 WINDCUBE 最大測量範圍為 200 公尺，而 3D Scanning WINDCUBE 則可量測數公里遠。

經洽詢 LEOSPHERE 公司該模式之應用實例，表示主要為氣象運用為主，即利用其測量位址周邊大氣壓力分布狀況，其原理即是大氣中之氣膠（aerosols, 大氣中的固體微粒和液體微粒）分布於邊界層以下，以上則近乎為零，因為季節溫度造成氣流循環的關係，高低氣壓將影響邊界層之位置高層，所以設備垂直向上發射出激光脈衝之反射波是否頻移(都卜勒效應)，將決定邊界層所在高程。

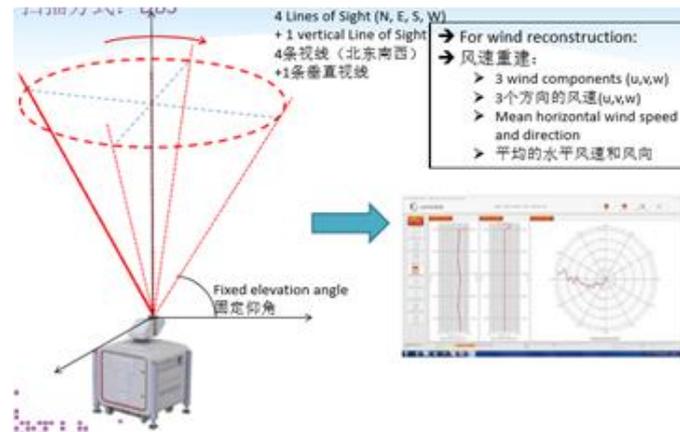


圖 30 DBS 掃描運作方式示意圖

- FIXED 掃描

為固定方向測量。

再設備軟體介面上，與 WINDCUBE 設備內建伺服器並備有人機介面軟體不同，3D Scanning WINDCUBE 設備是必須由使用者電腦下載安裝人機介面軟體後方得進行參數設定，關於這點，LEOSPHERE 公司表示建議使用者於 3D Scanning WINDCUBE 設備旁另增設伺服器設備作為連結媒介，不僅使用者電腦可透過伺服器進行相關參數設定，同時該伺服器亦可作為檔案備份之用。

3D Scanning WINDCUBE 設備之圖形人機介面畫面主要分為 4 大部分，第一部分即位於畫面正上方之開關機鍵、即時數據顯示鍵、停止目前測量進行參數設定鍵等；第二部分則位於畫面左方功能列，即為各項參數之設定；第三部分正是數據圖形化之畫面，依左方功能列之切換，呈現不同數據之曲線圖；第四部份則是在畫面正下方，表示是否為連網狀態、系統狀態是否正常指示燈(如溫度過高(低)等)、CPU 工作狀態、儲存硬碟使用百分比。

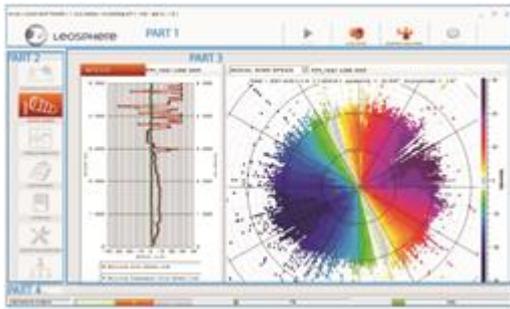


圖 31 風速資訊介面圖

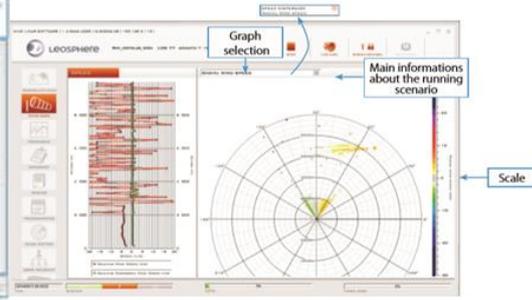


圖 32 及時風速資訊介面圖

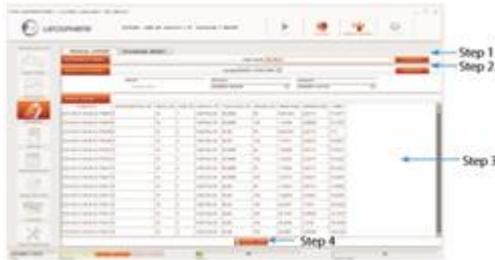


圖 33 歷史資料截取介面圖 1



圖 34 歷史資料截取介面圖 2

3D Scanning WINDCUBE 設備取樣資料儲存於 1TB 硬碟中。

3D Scanning WINDCUBE 設備取樣資料下載有以下方式，其一，直接於設備本地下載；其二，FTP (File Transfer Protocol)設定固定時間自動下載至設定位址伺服器，即如前述，可於設備旁增設伺服設備已設定自動下載模式，再經由數據機傳送至使用者所需之位址；其三，本設備支援 SQL database，使用者可撰寫資料庫自動傳送程式設定。

與 WINDCUBE 設備不同，資料下載無法設定 e-mail 定期傳送。

#### (四) WIND IRIS 設備

傳統上,估算風機運轉功率曲線皆利用固定式氣象測風塔，惟僅供周邊風機評估使用，若有移設供其他風機評估使用之需求,移設成本與時程壓力頗大，特別是應用在離岸風機的運轉評估上，目前的解決方案多為將風速計裝置於機艙上，但風機葉片所造成的擾流,將影響該風速計測量數據的準確性。



圖 35 現有風機風速(向)計裝置圖

WIND IRIS 運用 LEOSPHERE 公司 pulse Lidar technology，安裝在機艙的頂部，遙測風機前方輪轂高度處之遠程(50 公尺~400 公尺)水平風速和方向，並生成即時與平均的數據,自動儲存,供後續分析以優化風機的性能。

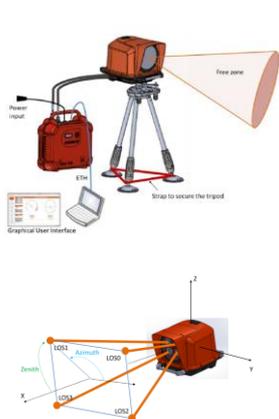


圖 36 WIND IRIS 外型圖

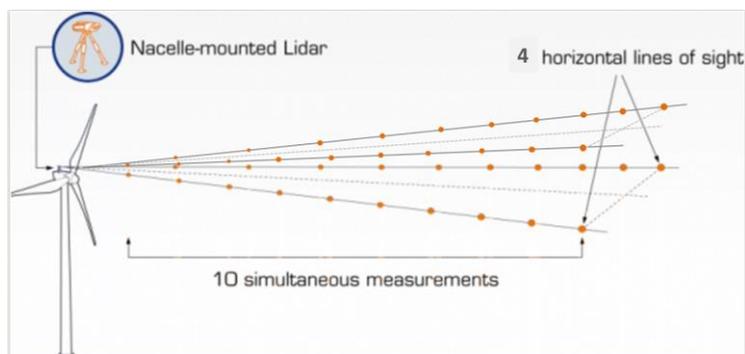


圖 37 WIND IRIS 應用方式示意圖

可於水平距離自定義 10 點測量點，以同時測量 10 個不同距離的數據。取樣之數據資料除風速及風向外，亦具備建構該風機功率曲線之能力。依該公司表示該設備得安裝於目前市面上既有之風機設備上，僅需簡易支架及 1/2 工作日即可裝設完成，故使用者可僅單購 1 台設備，即可自行規劃各風機效能優化時程，及單一風機進行數月風能測量以驗證風機是否運作於最佳模式，藉以調校以提高風機運作效能，完成後再依次進行另一單機調校。

另 WIND IRIS 所測量得出之風機功率曲線，已取得多家風機設備大廠認證，認可該量測方法所取得數據符合 IEC 所訂標準測試流程，得做為風機設備保證發電效能之驗證工具。

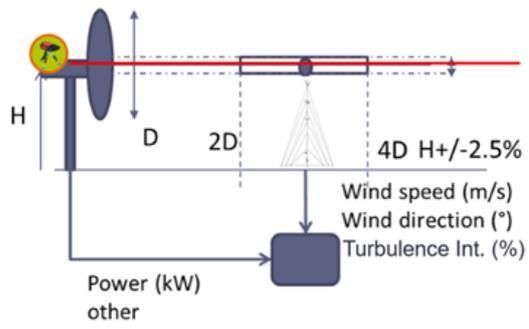


圖 38 WIND IRIS 用於 IEC 風機效能測試示意圖



圖 39 WIND IRIS 多部風機調教應用示意圖

## 參、心得及建議

本公司自 89 年開始在澎湖中屯興建風力機組，風力計畫截至 104 年底，本公司包含離島及四期風力計畫，已完成 169 部機，總容量達 29.4 萬瓩。而自民國 100 年 3 月日本福島核災後，政府積極推動「再生能源最大化」之新能源政策，並分別於 101 年與 103 年公布頒行「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」與「離岸風力發電規劃場址申請作業要點」，期擴大風力發電之設置規模。

本公司奉准及施工中風力發電計畫有「風力第五期計畫」與「離岸風力第一期計畫」，規劃中風力發電計畫則有「風力第六~七期計畫」與「離岸風力第二期計畫」，經查各計畫之裝置容量可知，風力發電計畫將以離岸風力為主力，以達成再生能源所設之規模目標。

離岸風力發電計畫之風能評估方式遠較陸域更為困難，其中為求精確估算風場開發之年度發電量，須於海上建置近百公尺高之測風塔以實測風速與風向，所得數據雖然具備準確之優點，惟海事工程難度及成本均高。就 LEOSPHERE 公司針對不同的海上測風設施方案，提供初步預算範圍供參考：

測風設施	預算費用
大型海上測風塔 含80公尺高桅桿	10~20百萬歐元
小型海上測風塔 含40公尺高桅桿	2~6百萬歐元
小型海上基礎平台 + WINDCUBE 測風 雷達設備	0.5~3百萬歐元
浮筒 + WINDCUBE 測風 雷達設備	1~3百萬歐元

其表示目前國外實際案例，通常是將 WINDCUBE 測風雷達設備與海上測風塔併

用，作為海上風場前期評估階段的測風之搭配驗證，以提高測量的準確性。而 WINDCUBE 機種之 Offshore866 V1 裝設於小型浮艇上量測風能，則可免除興建海上側風塔。

離岸風力發電計畫之另一特性為風場幅員廣闊，若僅以單一固定測風塔之取樣數據，則仍須搭配相關風能軟體以估算風場內各風機點之風速風向，故模擬數值所推算之年發電量仍有部分誤差。故針對風場評估準確度乙節，LEOSPHERE 公司則提出以 3D Scanning WINDCUBE 設置於岸邊(離岸風場距岸邊 10 公里內)或海上平台之方案，採 PPI 掃描運作方式，直接遙測整片風場之平面區域，其表示，因所量測風速位址不只 1 點，故取樣之數據資料所推算出之風機年發電量，精確度得符合使用者所需。

IEC61400-12-1 近來已修訂完成納入 LiDAR 設備測試風能及風機輸出功率之相關標準規範，後續採購風機之輸出發電效率驗正，則可依 IEC 所訂標準測試流程及相關獲認可之 LiDAR 設備，進行量測及評估風機的運轉效率，並依此調整風機運轉模式至最佳化狀態。

最後，感謝公司提供這次的實習機會，讓我得以直接獲得技術廠家有關 LiDAR 設備產品的各項資訊，也希望本次所帶回的各项技術及採購規範內容能對工作有所效益。